

学 位 論 文 要 旨

学位論文題名

把握動作における筋力発揮調整能及びその一側優位性

Controlled force exertion and its laterality in grasping movements

金沢大学大学院自然科学研究科

生命科学 専攻

動態生理学 講座

学生番号 1023032505

氏 名 久保田 浩史

Abstract

Controlled force exertion (CFE) is the ability to accurately adjust force exertion to necessary amounts. This study aimed to compare CFE in grasping movements of athletes specializing in different sports and examine the effects of repeated training on CFE in grasping movements. CFE was estimated using the CFE test, in which the subjects match the submaximal handgrip strength to changing demands as displayed on a personal computer. The study results showed no significant differences in CFE among judo competitors, football players, track and field athletes, and nonathletes. Also, there was no significant difference in laterality of CFE among the athletes. On the other hand, repeating the CFE test as motor training for 3 weeks improved CFE. Differences in CFE between the dominant and nondominant hands disappeared after repeated training, suggesting different developmental trends between hands. The effects of CFE training were retained after the sessions; however, this retention differed between hands. This finding suggests that the dominant hand may be superior to the nondominant hand in terms of the retention of CFE training effects.

1. 序論

調整力はいろいろな動作を目的に合わせて効果的にまとめる能力であり、ヒトの運動パフォーマンスに密接に関わるにもかかわらず、未だ解明されていない部分が残されている。ヒトの運動パフォーマンス向上のためには、調整力について詳細に明らかにする必要がある。調整力の評価には、様々なテストが用いられている。しかし、テストの運動課題の様式が、全身運動であるか局所運動であるか、あるいは静的であるか動的であるかによって、必要とされる調整力の要素が異なり、筋系、神経系の関与度も異なる。調整力を定量化し評価するテストには、上肢や手指の機能を評価するテストが多く、様々なものがある。日常生活やスポーツでは運動課題に応じた筋出力量の調節をする場面がある。したがって、筋出力量を必要に応じて調節する能力、すなわち筋力発揮調整能はヒトに欠かせない能力である。この能力を定量化し評価するテストに、把握動作を用いた筋力発揮調整能テストがある。このテストは、モニター上に示される変動目標値に、握力発揮量を一致させる形式で、その両者の誤差を評価変数としている。そのため、筋力発揮調整能パフォーマンスは認知系によるフィードフォワード制御と、視覚系、固有受容器系のフィードバック制御に依存している。

一方、上肢や手指の機能には一側優位性が認められる。とくに巧緻性が必要とされるような運動課題においては顕著にみられる。一側優位性は筋力発揮調整能にもみられる。この理由として、遺伝的要因に加えて後天的に片側を偏重使用することが関与していることが挙げられる。おそらく、使用頻度が高いことにより、神経-筋系のフィードバック制御及びフィードフォワード制御が優れているためと推測される。

また、運動やトレーニングによって身体機能及び特性が少なからず影響を受けることが明らかにされている。競技中に高頻度で使用される部位、例えば上肢が使用されれば、上肢における調整力パフォーマンスが高い可能性がある。筋力発揮調整能に関しても、競技中に頻繁に筋出力量を調節しながら把握動作を行う運動種目の選手は、把握動作を行わない運動種目の選手に比べて高く、その一側優位性の出現傾向も異なる可能性がある。

また、運動課題を反復することによって、そのパフォーマンスは向上することが明らかにされている。反復トレーニングによって、筋力発揮調整能が向上する可能性や、利き手と非利き手のトレーニング効果の程度が異なる可能性がある。また、その効果がどの程度、持続されるかも異なる可能性がある。

筋力発揮調整能はヒトの運動パフォーマンスに関わる。運動やトレーニングによって筋力発揮調整能はいかなる影響を受けるか検討する必要がある。

以上のことから、本研究では、異なる運動を専門として長期に及び継続して実施した運動選手の筋力発揮調整能の比較、及び筋力発揮調整能が関与する運動課題を反復するトレーニングが筋力発揮調整能に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究課題

先行研究の内容や問題点を整理した結果、筋出力量を調節しながら把握動作を頻繁に行う運動種目の選手の筋力発揮調整能は優れるか否か、また、筋力発揮調整能は反復トレーニングにより影響されるか否かを検討する必要があると判断された。また、そのトレーニング効果の持続性も明らかにする必要がある。さらに、上肢機能には一側優位性があり、筋力発揮調整能においても存在する。それが運動経験やトレーニングによりいかなる影響を受けるか検討する必要がある。したがって、以下のように本研究で解決すべき研究課題を3つ設定した。

研究課題Ⅰでは、筋力発揮調整能の運動種目間差を検討した。具体的には、競技中に、筋出力量を調

節しながら把握動作を頻繁に行う運動種目の選手(柔道選手)と、あまり把握動作を用いない者(サッカー選手、陸上選手、非運動選手)の筋力発揮調整能を比較した。また、両手の把握動作を頻繁に行う運動種目の選手(柔道選手)における筋力発揮調整能の一例優位性はどのような特性を持つか検討した。

研究課題Ⅱ-1では、筋力発揮調整能のトレーニング効果及びその一例優位性を検討した。具体的には、筋力発揮調整能が関与する運動課題を反復するトレーニングによって筋力発揮調整能が向上するか、また、トレーニングによる筋力発揮調整能パフォーマンスの発達傾向が、利き手と非利き手で異なるか検討した。

研究課題Ⅱ-2では、筋力発揮調整能のトレーニング効果の持続性及びその一例優位性を検討した。具体的には、筋力発揮調整能が関与する運動課題を反復するトレーニングによる効果がどの程度保持されるか、また、トレーニング効果の持続性が、利き手と非利き手で異なるか検討した。

3. 研究方法

3-1. 被験者

研究課題Ⅰでは、競技中に筋出力を調節しながら把握動作を行う機会が多い運動種目の選手として柔道選手 20 名(年齢 19.2 ± 1.0 歳、身長 170.1 ± 3.9 cm、体重 71.2 ± 8.8 kg)、競技中にあまりそのような機会がない運動種目の選手としてサッカー選手 20 名(年齢 19.7 ± 1.2 歳、身長 170.2 ± 5.0 cm、体重 64.0 ± 6.9 kg)、及び陸上選手 20 名(年齢 19.8 ± 1.6 歳、身長 171.7 ± 4.5 cm、体重 61.1 ± 5.7 kg)、及び専門とする競技をもたない者として非運動選手 15 名(年齢 20.1 ± 2.2 歳、身長 170.9 ± 3.5 cm、体重 58.7 ± 4.7 kg)の青年男性、計 75 名を被験者として選出した。運動選手は、4 年以上の競技歴を有し、週に 5 日以上練習している者とした。なお、ポジションや種目によっては把握動作の頻度に違いがあるため、サッカー選手の中にはゴールキーパーを、また陸上選手の中には投擲と棒高跳び選手を含めなかった。

研究課題Ⅱ-1では、健康青年で過去に筋力発揮調整能テストを経験していない者を被験者とし、トレーニング群 10 名(年齢 21.6 ± 1.4 歳、身長 171.8 ± 5.8 cm、体重 65.2 ± 4.7 kg)と対照群 9 名(年齢 21.7 ± 2.7 歳、身長 173.3 ± 3.9 cm、体重 68.8 ± 3.8 kg)の合計 19 名であった。

研究課題Ⅱ-2では、研究課題Ⅱ-1と同じトレーニング群を被験者とした。

3-2. 測定装置

筋力発揮調整能テストには、0.0～99.9kg の測定が可能で、 $\pm 2\%$ の測定精度をもつスメドレー型のデジタル握力計及び握力解析システム(EG-100、酒井医療社製、東京、日本)を用いた(図 1、2)。



図 1. 握力計及び握力解析システム

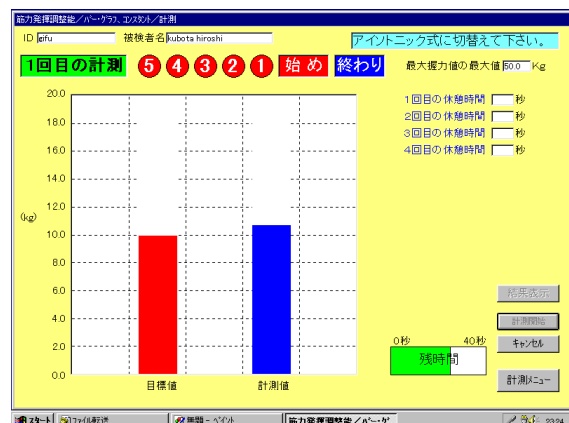


図 2. 表示画面

3-3. 筋力発揮調整能評価変数

筋力発揮調整能テストにおいて被験者はパソコン画面上の目標値と実際に発揮される値の差が最小になるように握力発揮を行った(図 3)。目標値には、各個人の握力は異なるため、絶対値ではなく、相対的目標値を利用した。目標値は最大握力の 5~25%の範囲で 0.2Hz の周期で上下に変動する棒グラフ形式で表示された。なお、最大握力の測定は、1 分間の休憩を挟んで利き手及び非利き手で各 2 回実施し、大きい値をそれぞれ代表値とした。筋力発揮調整能評価変数として、目標値と筋力発揮値との差の総和(測定値)を採用した。具体的には、20Hz でサンプリングした発揮値と目標値の誤差総和(kg)を最大握力(kg)で除して、評価変数(%)とした。筋力発揮調整能テストは練習 1 回後、各試行間に 1 分間の休憩を挟んで、利き手及び非利き手で 3 試行を行った。研究課題 I では 3 試行のうち値の近い 2 試行の、研究課題 II-1 及び II-2 では 2 及び 3 試行目の評価変数の平均値を代表値として利用した。利き手、非利き手の測定順は順序効果を除くため、ランダムとした。各試行における設定時間は 40 秒間とし、前半の 15 秒間を除外したデータを用いて評価した。筋力発揮調整能評価変数の値が小さいほど筋力発揮調整能に優れると解釈した。研究課題 II-1 においては、筋力発揮調整能評価変数の変化率を検討するために、各回の初回に対する比率を算出した。また、筋力発揮調整能評価変数の平均値及び変化率の推移をより簡潔に検討するために、トレーニング 15 回を 5 期に分け、連続した 3 回、つまり 1-3 回、4-6 回、7-9 回、10-12 回、13-15 回のそれぞれの平均値を算出した。



図 3 測定風景

3-4. 筋力発揮調整能のトレーニングの内容(研究課題 II-1, 及び II-2)

トレーニング群は、週 5 日、3 週間、計 15 回、筋力発揮調整テスト自体を運動課題として、その反復トレーニング(1 日左右の手で各 4 試行)を実施した。反復トレーニングは、筋力発揮調整能テストと同様の手順で行い、その際の筋力発揮調整能の評価変数を記録し解析に用いた。研究課題 II-2 では、3 週間のトレーニングを終了してから、1 ヶ月後に、トレーニング群のみ筋力発揮調整能テストを実施した。両群ともに特に日常生活の制限は行わなかった。

4. 研究結果の概要

本研究における各研究課題の結果の概要は以下の通りである。

研究課題Ⅰ：筋力発揮調整能の運動種目間差の検討

柔道、サッカー、及び陸上競技を専門に行っている運動選手、及び非運動選手を対象に、運動種目の違いによって筋力発揮調整能及びその一側優位性は異なるか検討した。その結果、柔道選手を含む前述の全ての運動種目において同様に一側優位性が認められたが、運動種目間に差は認められなかった。把握動作の使用頻度が異なる運動選手の筋力発揮調整能に差はなく、その一側優位性も運動種目の違いにより影響されないと判断された。

研究課題Ⅱ-1：筋力発揮調整能のトレーニング効果の検討

筋力発揮調整能テスト自体を運動課題として、それを反復するトレーニングが利き手及び非利き手の筋力発揮調整能に及ぼす影響について検討した。トレーニングにより、筋力発揮調整能は利き手、非利き手ともに向上し、トレーニング開始前半では利き手の向上が速かったが、トレーニング後には筋力発揮調整能の利き手・非利き手間差がなくなったため、利き手と非利き手の発達程度や傾向は異なる可能性があることが示唆された。

研究課題Ⅱ-2：筋力発揮調整能のトレーニング効果の持続性の検討

筋力発揮調整能テスト自体を運動課題とし、それを反復するトレーニングが、利き手及び非利き手の筋力発揮調整能に及ぼす効果の持続性について検討した。反復トレーニングによる効果は、利き手、非利き手ともにトレーニング終了後も保持されるが、トレーニング終了時に消失した利き手・非利き手間差が、トレーニング終了から1ヶ月後に再度現れることが明らかにされた。よって、その効果の持続性は両者で異なる可能性があることが示唆された。

5. 総括

以上のごとく、博士論文では、異なる運動を専門として長期に及び継続して実施した運動選手の筋力発揮調整能の比較、及びトレーニングが筋力発揮調整能に及ぼす影響を検討した。本研究で対象とした運動種目の選手の筋力発揮調整能に差はなく、その一側優位性も運動種目の違いに影響されないことが明らかとなった。一方、筋力発揮調整能テスト自体を運動課題として反復トレーニングすることにより利き手及び非利き手の筋力発揮調整能は向上することが明らかとなった。最終的に利き手・非利き手間差が消失したことから、利き手と非利き手とで発達程度や傾向は異なる可能性が示唆された。また、筋力発揮調整能のトレーニング効果はトレーニング終了後も保持され、その持続性は利き手が非利き手に比べ優れる可能性がある。本研究結果より、ただ単に筋出力量を調節する頻度が多いことは筋力発揮調整能に反映されないが、筋力発揮調整能課題自体を反復するトレーニングにより筋力発揮調整能は向上する、つまりそのパフォーマンス向上には特異性がある可能性が示唆された。

学位論文審査報告書（甲）

1. 学位論文題目（外国語の場合は和訳を付けること。）

把握動作における筋力発揮調整能及びその一側優位性

2. 論文提出者 (1) 所 属 生命科学 専攻 動態生理学 講座
(2) 氏 名 久保田 浩史

3. 審査結果の要旨

いろいろな動作を目的にあわせて効果的にまとめる能力である調整力の定量的評価法には、上肢や手指の機能を評価するものが多い。この中で、ヒトに欠かせない能力である筋力発揮調整能を評価する方法として、把握動作を用いた筋力発揮能テストがある。筋力発揮調整能には、上肢や手指の巧緻性が特に必要な機能でみられる一側優位性（利き手と非利き手）が認められる。そこで、本論文では、異なる運動（柔道、サッカー、陸上）を専門として、長期間継続して実施した運動選手の筋力発揮調整能を比較して、トレーニングが筋力発揮調整能に及ぼす影響を明らかにしている。その結果、本論文で対象とした運動種目の選手の筋力発揮調整能に違いは観察されず、その一側優位性にも運動種目の影響は見られなかった。一方、このテストを課題とした反復トレーニングの継続により、利き手と非利き手の筋力発揮調整能は向上した。このトレーニング効果はトレーニング終了後も保持されたが、その持続性は利き手が非利き手より優れていた。本論文で示された、1. 筋出力量の調節頻度の高低の違いは、筋力調整能に反映されない、2. 筋力発揮調整能課題自体の反復トレーニングによりその能力は向上する、という結果は新規性にとむため、論文審査会では博士学位の授与に相当すると評価された。

4. 審査結果 (1) 判定（いずれかに○印） ○合格 ・ 不合格
(2) 授与学位 博士（学術）